

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra**

**Absolvování individuální odborné praxe**  
**Individual Professional Practice in the**  
**Company**



# Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Havlík**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**  
**Individual Professional Practice in the Company**

## Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: BONATRANS GROUP a.s.
2. Struktura závěrečné zprávy:
  - a) Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta.
  - b) Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti.
  - c) Zvolený postup řešení zadaných úkolů.
  - d) Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe.
  - e) Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe.
  - f) Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení.

## Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vede odbornou praxi studenta.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Kožusznik, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Tomáš Lejsal

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011



doc. Dr. Ing. Eduard Sojka  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty



# **Prohlášení Studenta, Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Podpis

.....

Datum

**Velké poděkování :**      Ing. Petr Kusnierz  
   Ing. Tomáš Lejsal  
   Ing. Tomáš Maslowski  
   Ing. René Hricík

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

.....

Podpis

.....

Datum

# Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje průběh praxe vykonávané studentem ve firmě BONATRANS GROUP a.s. Firma BONATRANS GROUP a.s. působí v oblastech výroby železničních kol a dvojkolí, rozrostla se během 15 let v největšího výrobce v zemích EU. Můžeme se zde dozvědět o různých principech a technologiích používaných při výrobě železničních kol a dvojkolí. Bakalářská práce se zaměřuje hlavně na teplou část výroby, kde byl studentovi zadán projekt s názvem „Mezioperační signalizace“. Student ve firmě pracoval jako programátor PLC automatů, konkrétně SIEMENS řady SIMATIC S7-300. V práci je rozebrán tento projekt včetně problematiky programovatelných automatů. Blíže se zaměříme na tzv. teplou část podniku, kde se provádí kování a válcování železničních kol za tepla.

# Klíčová slova

BONATRANS GROUP a.s., PLC automat, SIEMES SIMATIC S7-300, STEP 7, Ethernet, MAC adresa, Digitální vstup, Digitální výstup, Válcovací trať, Mezioperační signalizace

# Abstract

This bachelor thesis describes the course of practice carried out in the student of BONATRANS GROUP a.s. BONATRANS GROUP a.s. active in the production of railway wheels and wheelsets, grew up during the 15 years the largest producer in the EU countries. We can here to learn about different principles and technologies used in the manufacture of railway wheels and wheelsets. This bachelor thesis focuses mainly on the warm part of the production, where was specified the student project with named "Interoperational signaling". Students in the firm he worked as a programmer PLC, specifically Siemens series SIMATIC S7-300. In this work is broken down this project, including the issue of programmable logic. Closer will focus on the so-called a warm part of the company where is carried forging and rolling railway wheel rolling.

# Key Words

BONATRANS GROUP a.s., PLC controller, SIEMES SIMATIC S7-300, STEP 7, Ethernet, MAC address, Digital input, Digital output, Rolling track, Interoperational signaling

## Seznam použitých symbolů a zkratek

PLC	Programmable Logic Controller
DO	Digital output
DI	Digital input
AI	Analog input
AO	Analog output
FM	Functional modules
CP	Communication processor
TIA	Totally Integrated Automation
CPU	Central processing unit
POFIBUS	Průmyslová sběrnice
MAC	Media Access Control
IP	Internet Protocol
ETHERNET	Souhrnný název technologie pro budování sítí
EU	Evropská unie
MMC	Micro Memory Card
HMI	Human Machine Interface
PAC	Programmable Automation Controller
WWW	World Wide Web
HTML	Hypertext Markup Language
PROFINET	Ethernetové komunikační rozhraní
SCL	Structured Control Language
MPI	Multi-point interface
LAD	Ladder Diagram
FBD	Function Block Diagram
STL	Statement list
PM	Power module
SD	Secure Digital
SF	System Fault
BF	Bus Fault
SFB	System Function Block
FC	Function
FB	Function Block
DB	Data Block
OB	Organization block
UTP	Unshielded Twisted Pair

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Úkoly zadané studentovi v průběhu odborné praxe a zvolený postup řešení zadaných úkolů.....</b>	<b>4</b>
3.1. MEZIOPERAČNÍ SIGNALIZACE .....	4
3.1.1. Seznámení s PLC .....	5
3.1.2. PLC Siemens Simatic S7-300 .....	7
3.1.3. Vývojové prostředí STEP 7.....	9
3.1.4. Řešení.....	10
<b>4. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané studentem v průběhu odborné praxe .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Závěr .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Reference.....</b>	<b>19</b>
<b>7. Přílohy.....</b>	<b>20</b>

# 1. Úvod

Bakalářská práce pojednává o průběhu praxe absolvované ve firmě BONATRANS GROUP a.s.. Tento bohumínský podnik, se zabývá výrobou železničních kol, náprav, obručí a dvojkolí. Rozrostl se během 15 let v největšího výrobce v zemích EU a své výrobky vyváží do celého světa. Ve firmě jsem pracoval jako programátor PLC automatů SIEMENS řady SIMATIC S7-300 , byl mi přidělen podnikový projekt s názvem „Výměna mezioperační signalizace“.

Na začátku se podrobněji seznámíme s firmou a částmi výroby, kterých se projekt týká, dále si vysvětlíme co je to PLC Automat, jaké je jeho využití a k čemu ho budeme využívat v projektu. Probereme specifikace PLC automatů SIEMENS řady SIMATIC S7-300 a vývojového prostředí pro automaty SIEMENS STEP 7, které má široké využití. V neposlední řadě také samotné řešení projektu. Závěrem jsou shrnuty zkušenosti a znalosti získané v průběhu praxe i s jejím celkovým zhodnocením.



## **2. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta**

[7] Bonatrans Group a.s. je světový výrobce železničních kol a dvojkolí. Poskytuje kompletní sortiment od nákladních dvojkolí, až po výrobky pro velmi vysoké rychlosti. Aktivně dodává do téměř 70 zemí světa a vyvíjí řešení pro potřeby zákazníka. Firma roste, rychle se učí novým věcem a investuje do moderního výrobního a zkušebního zařízení. Železniční kola, nápravy i dvojkolí s výrobní značkou Bonatrans bezpečně a spolehlivě převážejí cestující i zboží ve všech druzích kolejových vozidel.[8] 95% veškeré produkce je vyváženo z České Republiky. Firma pro rok 2009 uvedla obrát 5,45 miliardy korun s 1214 zaměstnanci. Celkem dodala 4,4 miliónů kol, z toho 2,2 milióny dvojkolí, 1,7 miliónů obručí a 1,3 milióny náprav. Bonatrans je členem Evropského svazu železničního průmyslu

Vstupním materiálem pro výrobu kol je vysoce kvalitní ocel, celý výrobní proces od válcování a kování vstupního materiálu až po finální úpravu hotových obrobků probíhá na moderním výrobním zařízení s vysokou mírou automatizace pro dosažení přesného, spolehlivého a opakovatelného procesu.

Mé pracovní zařazení ve firmě Bonatrans bylo v oddělení údržby, které se stará o řádný chod automatizovaných procesů, dále zajišťuje jejich opravy a modernizace výrobních linek pro zajištění chodu výroby s minimálními prostoji.

Pracovníci oddělení se zde zabývají programováním PLC automatů a prostředků HMI. Zde se využívají PLC automaty SIEMENS hlavně řady SIMATIC S7-300. Pro programování těchto automatů využívají vývojové prostředí STEP 7, které slouží nejen pro samotné programování, ale také pro vzdálenou diagnostiku výrobních procesů.

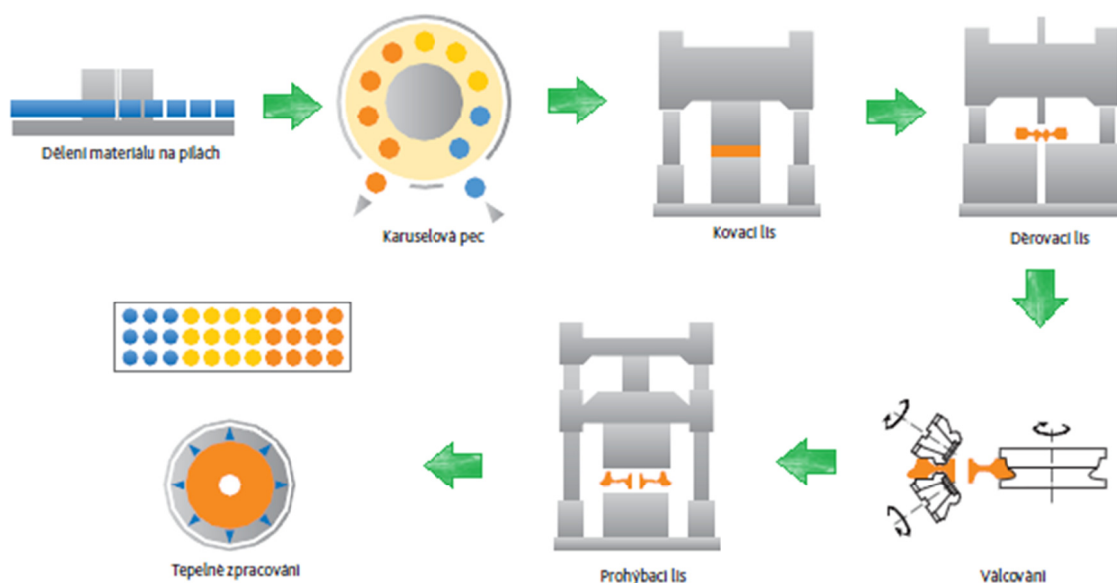
### 3. Úkoly zadané studentovi v průběhu odborné praxe a zvolený postup řešení zadaných úkolů

#### 3.1. Mezioperační signalizace

##### Zadání

Na válcovací trati výroby kol jsou jednotlivé řídicí kabiny propojeny tzv. „mezioperační signalizací“. Tato signalizace obsluhám signalizuje stav jednotlivých uzlů válcovací trati. Stávající systém mezioperační signalizace je poplatný době svého vzniku (sedmdesátá léta 20. Století). Na provoz je rozvaděč s reléovou logikou, z kterého vede na každé zobrazované místo více žilový kabel. Popudem k požadavku na rekonstrukci signalizace je nutnost odstranění, resp. přemístění tohoto rozvaděče v souvislosti s uvolňováním místa pro výstavbu nového tepelného zpracování. Po analýze došlo k jednoznačnému rozhodnutí, že stávající systém bude nahrazen novým, postaveným na současných technologiích (SIEMENS SIMATIC S7-300). Dále je v úvahu využitelnost dat k statistickým účelům např. jak často a v jaké míře zdržují provoz jednotlivá stanoviště.

##### Proces výroby kol



Pro řešení daného úkolu bylo nutno nastudovat technologie, které budou na projektu využity.

### 3.1.1. Seznámení s PLC automaty

[1] PLC (Programmable Logic Controller) neboli programovatelný logický automat je malý průmyslový počítač, používaný pro automatizaci procesů v reálném čase, například řízení strojů nebo výrobních linek. Pro PLC je charakteristické vykonávání programů v cyklech. PLC je nahrazováno výrazem PAC (Programmable Automation Controller), ale označení PLC je celosvětově rozšířené a drží se i nadále.

PLC automaty jsou odlišné od běžných počítačů nejen tím, že zpracovávají program cyklicky, ale jejich periferie jsou přímo uzpůsobeny pro napojení na technologické procesy. Převážnou část těchto periférií tvoří digitální výstupy (DO) a digitální vstupy (DI). Pro další zpracování signálů a napojení na technologii jsou určeny analogové vstupy (AI) a analogové výstupy (AO) pro zpracování spojitých signálů. S rozvojem automatizace v průmyslu jsou používány i další moduly periferních jednotek připojitelných k PLC, které jsou nazývány funkčními moduly (FM) např. pro polohování, komunikačními procesory (CP) pro sběr a přenos dat a další specifické moduly podle výrobce konkrétního systému.

Z hlediska konstrukce PLC se dělí do skupiny „kompaktních“ a „modulárních“ systémů.

- **Kompaktní** systém je takový systém, který v jednom modulu obsahuje CPU, digitální a analogové vstupy/výstupy a základní podporu komunikace, v některých případech i zdroj. Rozšiřitelnost kompaktních systémů je omezena.
- **Modulární** systém je takový systém, kde jsou jednotlivé komponenty celku rozděleny do modulů. Celý systém PLC se potom skládá z modulů: zdroje, CPU, vstupů/výstupů a funkčních modulů. Modulární systém je možno dále rozšiřovat (s ohledem na limity výstavby systému) a to v nepoměrně větším rozsahu než u kompaktních systémů.

První používané PLC byly převážně schopny zpracovávat binární logiku řízení, jejich prvotním cílem byla náhrada reléových automatů. Postupně se s rozvojem polovodičových součástek rozšiřovalo spektrum použitelnosti těchto systémů na zpracování analogových signálů, matematických funkcí (zprvu v pevné řádové čarce, postupně v plovoucí řádové čarce) až po možnost realizace složitých systémů řízení obsahující zpracování binárních signálů, analogových hodnot, komunikaci s jinými systémy, přenos dat, archivaci naměřených hodnot, vlastní diagnostiku, tiskové výstupy apod.

Původně malé počítače pro automatizaci již dorostly do výkonných řídicích systémů, kdy jádro řídicího systému (modul CPU) obsahuje i několik procesorů, z nichž má každý svoji specifickou funkci. Malé a levné jednotky CPU samozřejmě neobsahují veškeré vymoženosti a komfort jako výkonově velké CPU. U velkých CPU je architektura (více procesorů) použita z důvodu zajištění potřebné odezvy a rychlosti zpracování dat v reálném čase. Každé CPU obsahuje jeden „hlavní“ procesor, který zpracovává programový algoritmus řízení (vytvořený programátorem jako uživatelská aplikace) a další procesory, které jsou tomuto podřízeny. Tyto podřízené procesory zajišťují komunikaci po interní sběrnici s jednotkami vstupu/výstupu, komunikaci s dalšími procesory (např. na síti), sběr dat z decentralních periférií a další funkce. V dnešní době není výjimkou ani případ, kdy CPU obsahuje WWW server (HTML generátor), tzn., že toto CPU, může být připojeno do sítě (zpravidla neveřejné) a být sledováno a řízeno použitím běžného prohlížeče WWW. Řídicí jednotky některých modulárních systémů jsou ve skutečnosti klony osobních

počítačů v provedení se zvýšenou odolností vůči vnějším vlivům a s upraveným standardním desktopovým operačním systémem.

Orientačně se cena malých kompaktních systémů pohybuje v cenách od 2 000 – 10 000 Kč, cena velkých a výkonově vyšších systémů v rozsáhlé konfiguraci může dosahovat částek 500 000 Kč i vyšších. Vzhledem k efektivnosti těchto systémů v průmyslu nejsou tyto položky nijak závratné. Tato cena je ale hlavně závislá na systému, který má řídit, protože velkou část pořizovacích nákladů netvoří samotné PLC, ale právě snímače a napsání funkčního programu. V případě modulárních systémů samozřejmě i počet samotných modulů.

K programování nabízejí PLC systémy specializované jazyky vývojových prostředí, původně navržené pro snadnou, názornou a účinnou realizaci logických funkcí. Jazyky systémů různých výrobců jsou podobné, nikoliv však stejné. Přenositelnost programů mezi PLC různých výrobců není možná, daří se to obvykle jen mezi systémy téhož výrobce. Mezinárodní norma IEC 1131-3 sjednocuje programovací jazyky pro PLC. Kodifikuje čtyři typy jazyků :

- **Jazyk mnemokódů ("Instructions List")** je obdobou assembleru u počítačů, a je také strojově orientován. To znamená, že každé instrukci PLC systému odpovídá stejně pojmenovaný příkaz jazyka. Jazyky mnemokódů poskytují i obvyklé funkce assembleru, tj. aparát symbolického označení návěští pro cíle skoků a volání, symbolická jména pro číselné hodnoty, pro pojmenování vstupních, výstupních a vnitřních proměnných a jiných objektů programu (datových bloků a tabulek, struktur a jejich prvků).
- **Jazyk kontaktních (reléových) schémat ("Ladder Diagram")** je grafický program se základními logickými operacemi, který zobrazuje schéma ve formě obvyklé pro kreslení schémat při práci s reléovými a kontaktními prvky. Pouze symboly pro kontakty a cívky jsou zjednodušeny, aby mohly být vytvářeny semigraficky: spínací kontakty jako dvojice svislých čárek, rozpínací kontakt je navíc "přetržen" lomítkem, cívky jsou označovány dvojicí závorek. Funkční bloky (např. čítače, časovače) jsou kresleny jako obdélníkové značky. Instrukce, které nemají svou analogii v kontaktní symbolice (a těch bývá většina) se obvykle zobrazují jako dvojice závorek nebo obdélníková značka s vepsaným mnemokódem instrukce. Jazyk kontaktních schémat je výhodný při programování nejjednodušších logických funkcí.
- **Jazyk logických schémat, či jazyk funkčních schémat ("Function Block Diagram")** je opět grafický program, kde základní logické operace popisuje obdélníkovými značkami. Výška značky je přizpůsobena počtu vstupů. Své značky mají i ucelené funkční bloky, např. čítače, časovače, posuvné registry, paměťové členy, ale i aritmetické a paralelní logické instrukce. Vychází vstříc uživatelům zvyklým na kreslení logických schémat pro zařízení s integrovanými obvody. Obdobný, ale obecnější, jazyk se využívá při popisu a programování systémů, zpracovávajících analogové proměnné, při programování regulačních a měřicích úloh .
- **Jazyk strukturovaného textu** je obdobou vyšších programovacích jazyků pro PC (např. Pascal nebo C). Umožňuje úsporný a názorný zápis algoritmů . Dovoluje stavový popis sekvenčních úloh v symbolice přechodového grafu konečných automatů. K popisu struktury používá značky stavů, přechodů a větvení. Chování v jednotlivých stavech nebo definování podmínek přechodů lze obvykle popsat prostředky kteréhokoliv z dříve



popsaných jazyků nebo dalším vnořeným sekvenčním grafem (podgrafem). Jazyk sekvenčního programování je velmi názorný a podporuje systémový přístup k programování.

### 3.1.2. PLC Siemens Simatic S7-300

[5], [2] Automatizační systém SIMATIC S7-300 je modulární volně programovatelný automat určený pro řízení výrobních procesů, nasazován pro nízké a střední výkony. Tento stavebnicový systém svým charakterem výborně postihuje potřeby automatizace procesu a vynaložené finanční



prostředky. Dnes jsou požadovány PLC v kompaktním provedení s širokým rozsahem funkcí a s vysokou rychlostí zpracování instrukcí. Stejně tak je třeba zlepšovat prostředky pro síťová spojení a současně snižovat inženýrské náklady. S7-300 je nejprodávanejším řídicím systémem SIMATIC z celkové koncepce Plně integrované automatizace (TIA) s mnoha referenčními aplikacemi na celém světě a v různých oblastech průmyslu. Uživatelé S7-300 profitují ze zkušeností a

globálních servisních služeb společnosti s významným postavením na trhu a z kvality spojené se jménem SIMATIC jako takovým. SIMATIC S7-300 poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. Tato platforma je optimálním řešením jak pro centralizovaná tak pro distribuovaná řešení. Neustálé zlepšování parametrů dělá tuto automatizační platformu velmi žádanou. Novinkou je CPU s rozhraním Ethernet/PROFINET pro automatizaci založenou na komponentech, které je vyústěním posledního vývoje a pravidelných inovačních cyklů jednotek CPU. Aplikace SIMATIC S7-300 nabízí řešení pro nejrozmanitější automatizační úlohy v následujících oblastech:

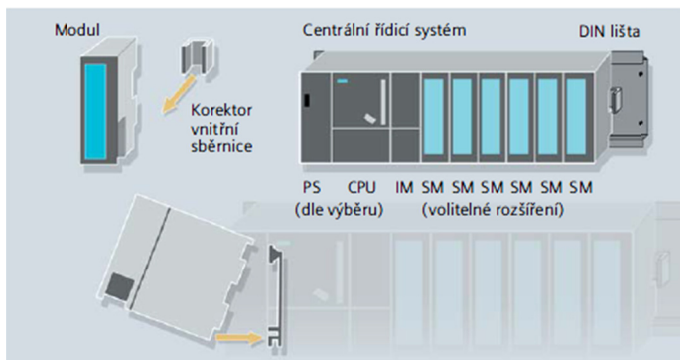
- automobilový průmysl
- výroba standardních strojů a zařízení
- výroba jednoúčelových strojů a zařízení
- sériová výroba strojů a zařízení (prakticky všechny druhy výrobních strojů)
- zpracování plastů
- balicí průmysl
- potravinářský a tabákový průmysl
- vodárenství, výroba a rozvod elektrické energie a další
- Výrobní linka v automobilovém průmyslu - řízená pomocí S7-300

S7-300 se vyznačuje intuitivním a efektivním způsobem konfigurace a programování, které vede ke snižování inženýrských nákladů. Díky širokému spektru CPU a navyšování paměťových kapacit je tato platforma ideální pro využití úlohově orientovaných inženýrských nástrojů, které jsou mnohdy výhodným doplňkem, vývojového prostředí STEP 7, např. vyšší programovací jazyky SCL a další. Programovací jazyky jsou v souladu se standardy IEC 61131-3. Dále lze používat specifický technologicky orientovaný runtime software (R-SW), např. Easy Motion Control pro úlohy zaměřené na řízení pohybu. Inženýrské nástroje umožňují modulární programování a opětovná použití již existujícího softwaru (např. v dalších projektech). Tyto nástroje však nepodporují jenom vývoj, ale také zvyšují čitelnost napsaného programu, usnadňují jeho údržbu a evidenci. Výkonná integrovaná diagnostika zajišťuje větší spolehlivost řídicího systému. Konfigurovatelné diagnostické funkce pro analýzu procesních chyb zkracují prostoj a tak dále zvyšují produktivitu výroby. Nízké provozní náklady paměťové karty MMC fungující jako programové a datové paměti, nepotřebují zálohovací baterii a částečně tedy snižují náklady na

údržbu. Na MMC lze uložit celý projekt včetně symboliky a komentářů, což umožňuje snazší údržbu (servisní zařízení pak nemusí obsahovat projekt). MMC také usnadňují aktualizaci (update) programu. Dovolují přístup jak pro čtení, tak pro zápis za provozu, takže např. archivování měřených hodnot nebo zpracovávání receptur je mnohem snazší.

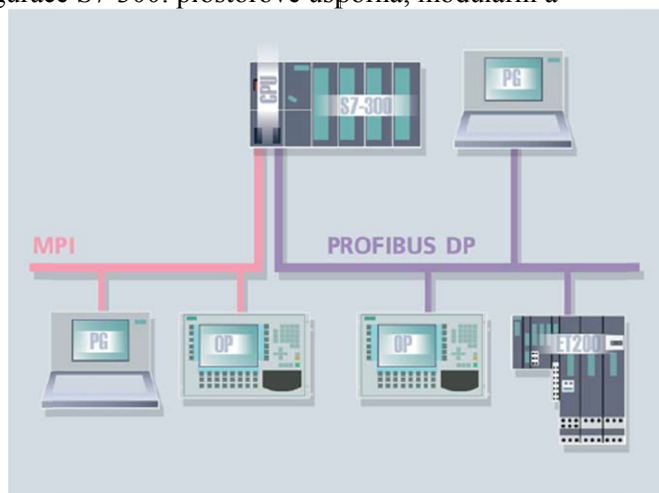
### Design a síťové propojení

S7-300 umožňuje prostorově úsporné, modulární uspořádání řídicích systémů pro různé typy úloh, přičemž nezáleží na pořadí jednotlivých modulů. Během provozu není potřeba ventilátor. Kromě modulů samotných je dále potřebná jen DIN lišta, na kterou jsou moduly umístěny a zajištěny šrouby. Takovéto uspořádání je pak považováno za patřičně robustní a splňující požadavky



Konfigurace S7-300: prostorově úsporná, modulární a extrémně jednoduchá

elektromagnetické kompatibility. Spojovací sběrnice je integrována do jednotlivých modulů. Spojení je provedeno prostřednictvím sběrnice konektoru, který je součástí dodávky každého modulu. Rozmanité spektrum komponent S7-300 lze použít jak pro rozšíření centralizovaných systémů, tak i pro jednoduchou konfiguraci distribuovaných struktur s ET 200M. Výsledkem je pak cenově výhodná a jednoduchá správa náhradních dílů. Výkonné, flexibilní síťové propojení rozhraní, která jsou integrována přímo na CPU, umožňují konfiguraci výkonných komunikačních struktur díky využití standardních sběrnicevých technologií. Programovací přístroje lze spojit s každým bodem sítě a adresovat všechny síťové uzly. MPI je úsporné řešení pro komunikaci s programovacími přístroji a PC, HMI systémy a dalšími řídicími systémy SIMATIC S7/WinCC. Celkem lze propojit 125 MPI stanic s přenosovou rychlostí 187,5 kbit/s. Konfigurace S7-300: prostorově úsporná, modulární a extrémně jednoduchá. SIMATIC S7-300 lze použít jako master i jako slave. Podpora standardu DP V1 dovoluje programování a optimalizaci polních přístrojů během provozu, což znamená kratší časy nastavení přístroje. Nová CPU s integrovaným rozhraním PROFINet jsou určena pro budoucí trend automatizace založené na komponentech které, lze přes toto rozhraní programovat a přes Ethernet přistupovat k jednotkám HMI. Tím lze uspořit nejen prostředky za komunikační procesor, který je k těmto účelům jinak vyžadován, ale i místo v rozvaděči.



Integrovaná rozhraní jednotek CPU S7-300 pro přímé připojení na sběrnice MPI a PROFIBUS DP

### 3.1.3. Vývojové prostředí STEP 7

[6] STEP 7 Professional je programovací a konfigurační software určený pro profesionální použití spolu s řídicími systémy SIMATIC. Zajišťuje podporu uživatele ve všech fázích vývoje projektu.

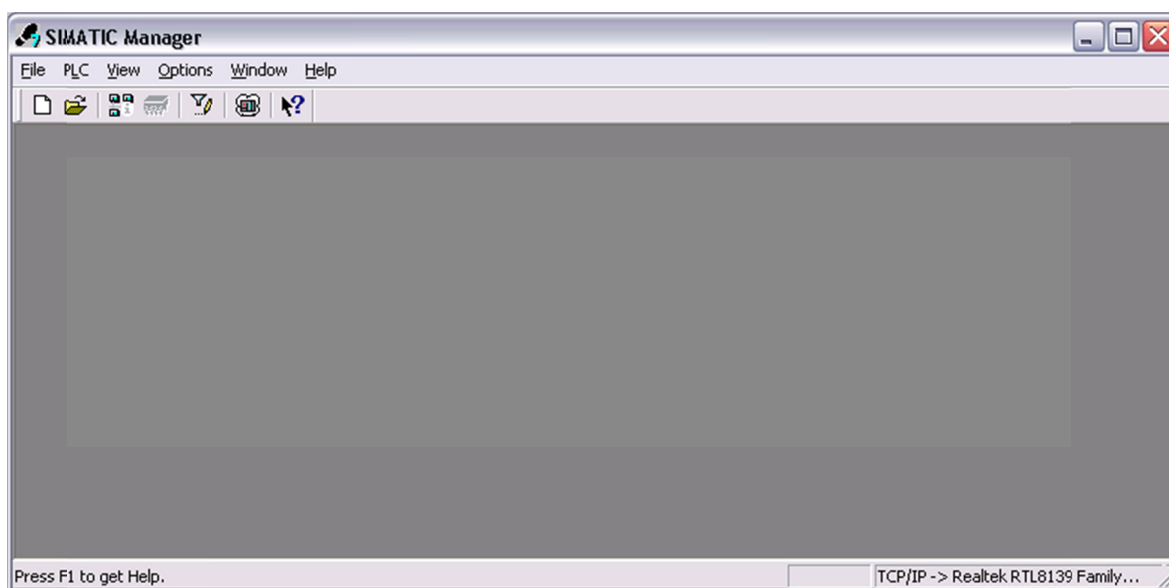
STEP 7 Professional včetně všech programovacích jazyků odpovídá mezinárodnímu standardu IEC 61131-3 čímž podporuje všeobecnou standardizaci a napomáhá k úspoře nákladů na tvorbu projektu. Se STEP 7 Professional je možné programovat jak řídicí systémy založené na PLC tj. SIMATIC S7 a C7 tak i řídicí systémy založené na PC, tj. WinAC. Tímto je dána uživateli svobodná volba výběru mezi použitím hardwarové platformy nebo smíšené softwarové konfigurace.

**STEP 7 Professional se skládá z následujících částí:**

- STEP 7 Basic včetně osvědčených jazyků LAD, FBD, STL,
- S7-GRAPH pro grafické programování sekvenčních řízení,
- S7-SCL vyšší programovací jazyk pro realizaci komplexnějších úloh,
- S7-PLCSIM simulátor reálného hardware. Odladění programu v kanceláři bez spojení se skutečným automatem.

**Vlastnosti STEP 7:**

- Založení a správa projektu
- Konfigurace a přiřazení parametrů hardwaru a komunikací
- Správa symboliky
- Vývoj programu pro systémy SIMATIC S7
- Zavedení programu do daného systému
- Testování a automatizace procesu
- Diagnostika chyb procesu



Vývojové prostředí STEP 7

### 3.1.4. Řešení

#### 3.1.4.1. Diskuse problému a výběr řešení

Z důvodu výstavby nového tepelného zpracování, bylo nutné zrušit stávající rozvaděč, který řešil tzv. „Mezioperační signalizaci“ válcovací tratě pro výrobu kol. To tak, že z rozvaděče byl na každý uzel (stanoviště) válcovací tratě veden více žilový kabel pro zobrazení stavů každého z uzlů.

Nabízí se zde tedy dvě řešení :

1. Rozvaděč přesunout a nechat systém stávající.
2. Rozvaděč zrušit a využít jinou technologii.

##### 1. Rozvaděč přesunout a nechat systém stávající

Toto řešení se zdá býti nejjednodušším z pohledu investice, ale už ne z pohledu funkčnosti, oprav a v neposlední řadě úspory místa. Technologie z dob sedmdesátých let s reléovou logikou, je zjevně zastaralá a vyznat se ve změní kabeláže je na první pohled skoro nemožné. Další pravdou je, že tento více žilový měděný kabel taky není zadarmo. A z těchto důvodů nebudeme tento problém řešit pouhým přesunutím rozvaděče, ale nahradíme ho jinou efektivnější technologií.

##### 2. Rozvaděč zrušit a využít jinou technologii

Tento způsob řešení, má jednu jedinou nevýhodu a to prvotní investici. Jak už to tak bývá, inovativní technologie nestojí pár korun, ale řádově desetitisíce až statisíce korun (dle rozsáhlosti projektu). Jelikož firma standardizuje výrobní procesy a technologie používané ve firmě, je vyloučené hledat řešení u jiných výrobců, ale hledat řešení u firmy SIEMENS.

Projekt tedy bude řešen PLC automaty SIEMENS.

#### 3.1.4.2. Výběr technologie

Ve firmě se ve valné většině využívá produktová řada SIEMENS S7-300, a proto budeme hledat řešení v této rodině. Po analýze byl vybrán systém SIMATIC ET 200S (systém centrální/decentrální).

##### **Simatic ET 200S**

[3] IM 151-8(F) PN/DP CPU je plnohodnotným PLC zahrnutým do modulární stanice SIMATIC ET 200S. Funkce a způsob konfigurace a programování obdobné jako u CPU řady S7-300. IM 151-8 PN/DP CPU má Ethernetové komunikační rozhraní, které podporuje i protokoly Profinet. V případě potřeby lze CPU rozšířit o rozhraní Profibus (PROFIBUS master interface modul). ET 200S nabízí větší pracovní paměť, rychlejší zpracování instrukcí, možnost provozovat síť Ethernet s kruhovou topologií. Cyklus sběrnice Profinet a na ní připojené stanice jsou synchronizovány s cyklem CPU (OB 61). Uživatelem vytvořené stránky s přístupem k proměnným CPU, dále taky lepší zabezpečení díky https a přihlašování uživatelů.





### Vlastnosti:

Vykonávání instrukcí - bit 60 ns, word 120 ns, operace s pevnou řádovou čárkou 160 ns , operace s plovoucí řádovou čárkou 590 ns .

192 kB RAM, rozšíření až o 63 IO modulů vedle CPU, montáž na DIN lištu .

### Komunikace po síti Ethernet:

Ethernetové rozhraní s 3portovým switchem (3 x RJ45), S7-komunikace (klient, server)

Otevřená komunikace – až 8 spojení současně (TCP/IP, UDP, ISO on TCP)

Integrovaný webserver – i uživatelské webové stránky

– diagnostika, sledování proměnných

### **3.1.4.3. Program**

Než začneme automaty fakticky programovat, musíme nejprve provést hardwarovou konfiguraci všech použitých zařízení. V podstatě jde o diagnostiku všech zařízení a jejich konfiguraci. Pro správnou hardwarovou konfiguraci musíme předem vědět všechny prvky našeho projektu tj. všechny prvky (moduly) daného uzlu, a také z kolika uzlů (stanovišť) se náš projekt skládá.

### Pracoviště

Na válcovací trati výroby kol se nachází sedm následujících stanovišť:

- Karuselová pec
- Kovací lis, děrovací lis
- Předválcovačka Wagner
- Válcovačka Davy, prohýbací lis
- Doválcovačka Wagner
- Aku stanice
- Tepelné Zpracování

### Prvky uzlů

#### **1. Centrála (IM151-8 PN/DP CPU), decentrála (INTERFACE MODULE IM151-3)**



Centrála je hlavní řídicí prvek, to proto, že v sobě obsahuje procesor. Po získání informací z vstupů decentrála zpracuje program a posílá informace (příkazy) decentrálám, které jej přijmou a dle jejich obsahu nastaví/nulují své výstupy.

OČ : 6ES7151-8AB01-0AB0 , 6ES7151-3AA23-0AB0

#### **2. Napájecí modul (POWER MODULE PM-E) 3. Digitální vstup (8 DI SOURCE INPUT 24V DC)**



pů

0



### 3. 2x Digitální výstup (8 DO DC24V/0,5A)



### 4. Další prvky (zdroj, svorkovnice, SD karta)



Objednací čísla zde uvádím proto, že jsou klíčovými pro správnou hardwarovou konfiguraci. SD karty musí být v každé centrále/decentrále, do karty centrály se ukládá hardwarová konfigurace a program, do decentrály nastavení sítě. Další prvky zde uvádím jen pro úplnost, protože tyto prvky se konfigurace netýkají.

### Hardwarová konfigurace

Již známe potřebné klíčové informace a můžeme provést hardwarovou konfiguraci. Jako první musíme přidat druh komunikace, v našem případě budeme komunikovat přes rozhraní PROFINET (Ethernet). Dále přidáme centrálu (Processor) a šest decentrály, do každé z centrály/decentrály přidáme zdroj, digitální vstup a dva digitální výstupy, to vše dle jejich názvu a objednáčích čísel. U každého takto vytvořeného uzlu nastavíme název uzlu (např. pracoviště se nazývá „Karuselová pec“, pojmenujeme tedy uzel „KP“), adresy vstupů a adresy výstupů (Adresaci můžeme provést jakkoliv chceme např. 10.0 -10.7 a to pro vstupy i výstupy). Nakonec musíme zaadresovat samotné uzly, zjistíme MAC adresy každé z centrály/decentrály a s jejich pomocí, jim přidělíme IP adresy. Hardwarová konfigurace našeho projektu je na následujícím obrázku.

SIGNALIZACE\_TC (Configuration) -- signalizace TC

Ethernet(1): PROFINET-IO-System [100]

(0) TZ

1 IM151-8 PN/DP CPU  
 X1 signalizace TZ  
 X1 P1 Port 1  
 X1 P2 Port 2  
 X1 P3 Port 3  
 X2  
 3  
 4 PM-E DC24V  
 5 8DI DC24V/SRC ST  
 6 8DO DC24V/0.5A  
 7

(6) DW (2) VDPL (5) PW (3) KP (4) KLDL (7) AKU

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address	Comment
1	IM151-8 PN/DP CPU		V2.7				
X1	signalizace TZ				2047*		
X1 P1	Port 1				2046*		
X1 P2	Port 2				2045*		
X1 P3	Port 3				2044*		
X2							
3							
4	PM-E DC24V	6ES7 138-4CA01-0AA0					
5	8DI DC24V/SRC ST	6ES7 131-4BF50-0AA0			10.0...10.7		
6	8DO DC24V/0.5A	6ES7 132-4BF00-0AA0				10.0...10.7	
7							

#### Hardwarová konfigurace mezioperační signalizace

Takto vytvořenou konfiguraci uložíme a pokud máme možnost nahrajeme do zařízení. Pokud jsme totiž něco špatně nakonfigurovali, může na některé ze stanic stvítit či blikat červená kontrolka označující chybu. Procesory SIEMES S7-300 mají dvojici kontrolkek pro tuto indikaci, první pod názvem SF (Systém Fault), označující systémovou chybu a druhou s názvem BF (Bus Fault), která oznamuje chybu sběrnice. Jestliže na každé stanici svítí zelená kontrolka naše konfigurace je správná a můžeme začít programovat. Také bych zmínil programátorský přívětivou funkci STEP 7 umožňující pojmenování všech vstupních i výstupních adres (tzv. symbolika), např. máme vstupní adresu I10.0 a víme, že je na tuto adresu připojen přepínač. V tabulce symbolů si najdeme tento vstup a pojmenujeme si jej na „SWITCH\_1“, při psaní kódu už potom nemusíme pracovat s adresou I10.0, ale se symbolem SWITCH\_1. Napsaný program je potom mnohem přehlednější a lépe se v něm hledají chyby.

#### Funkčnost signalizace

Pro sestavení programu je nutno definovat podmínky, jak má celá aplikace fungovat. Z tohoto důvodu si funkčnost specifikujeme:

- Každý uzel signalizace obsahuje sadu kontrolkek, červených a bílých, pro signalizaci určitého stavu (tyto kontrolky představují jednotlivé uzly)
- Bílá kontrolka signalizuje stav „Zpomal“ a Červená kontrolka signalizuje stav „Zastav“
- Každý uzel obsahuje dvoupolohový přepínač pro indikaci jednoho z výše uvedených stavů a tlačítko pro testování všech kontrolkek v daném uzlu
- Po nastavení přepínače do nějakého ze stavů, se tento stav přenesse na všechny uzly

#### Program

[5] STEP 7 nabízí pro zpracování programu několik základních knihoven (bloků) :

- SFB (Systémové funkční bloky) - obsahují rozhraní pro volání, v CPU integrovaných systémových bloků pro offline programování
- FC (Funkce), FB (Funkční bloky) - slouží nám k zápisu programu
- DB (Datové bloky) - obsahují proměnná data (např. číselné hodnoty), které používá uživatelský program.
- S5-S7 Converting Blocks - obsahuje funkce, které může načíst a využít konvertor S5/S7 (náhrada standardních funkčních bloků S5 při konverzi programu)
- TI-S7 Converting Blocks - obsahuje funkce, které může načíst a využít konvertor TI/S7
- IEC Converting Blocks - obsahuje funkce, které je možné načíst a použít pro převod proměnných různých datových typů (STRING, DATE\_AND\_TIME)
- Communication Blocks - obsahuje funkce, které je možné načíst a použít pro ovládání komunikačních jednotek
- PID Control Blocks - obsahuje funkce, které je možné načíst a použít pro různé regulační úlohy
- OB (Organizační bloky) - obsahují předlohy pro organizační bloky (v podstatě deklarace a informace pro spuštění)

Pro naši potřebu se zaměříme na bloky, které budeme potřebovat pro řešení úlohy. Nejdůležitější pro vytvoření projektu pro nás budou Organizační bloky (OB) a Funkce (FC).

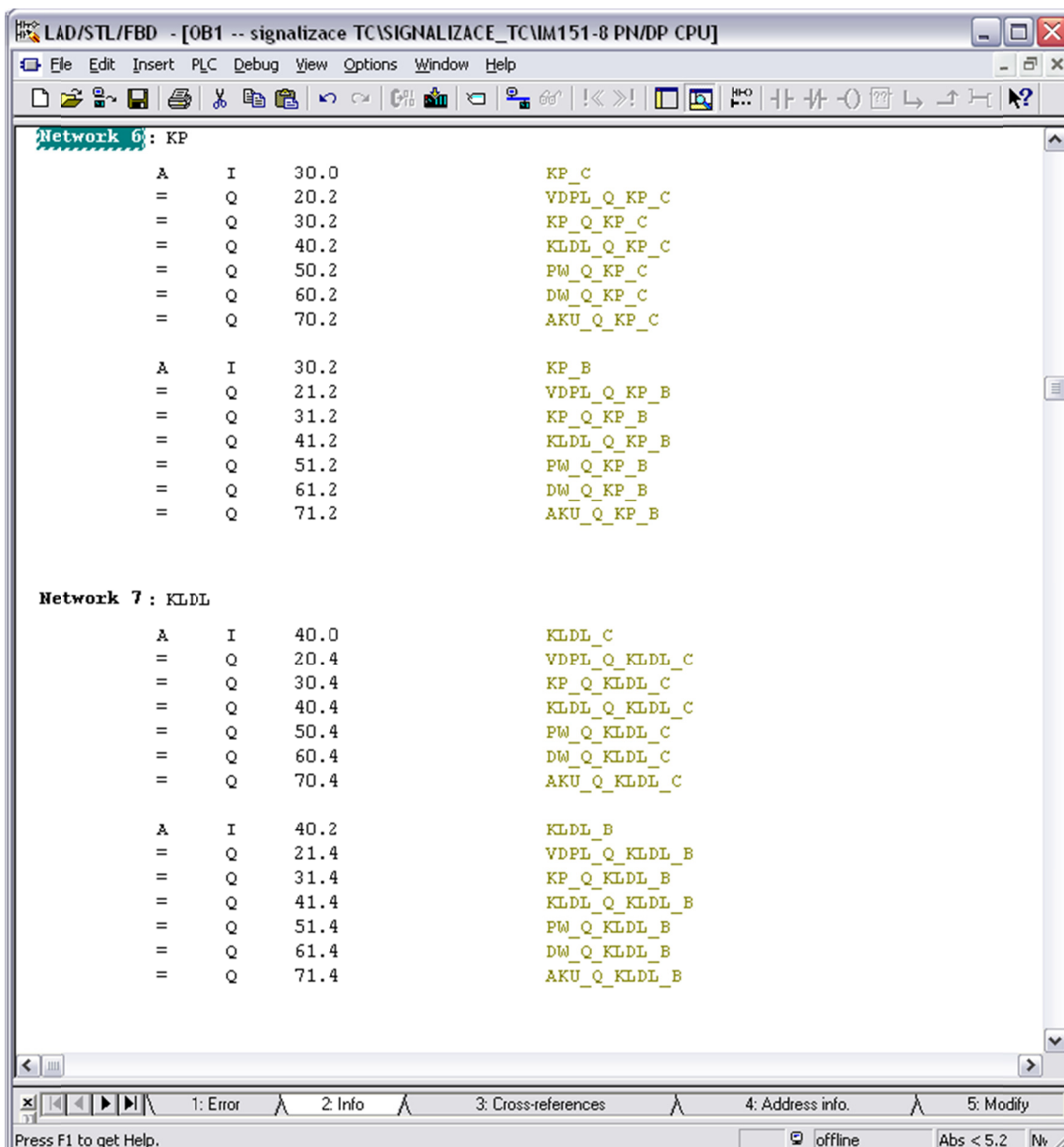
Organizační bloky (OB), jsou rozhraním mezi operačním systémem, CPU a uživatelským programem. OB1 je základním organizačním blokem, který je obsažen v každém programu. OB1 obsahuje buď samotný cyklický program, nebo jej organizuje (voláním jiných bloků). Organizační bloky nemohou být volány jinými bloky. Organizační bloky jsou prováděny v pořadí priorit, které jim jsou přiřazeny. Když operační systém volá jiný OB, cyklické provádění programu je přerušeno, protože OB1 má nejnižší prioritu. Kterýkoli jiný OB tedy může přerušit hlavní program a provést svůj vlastní program. Poté pokračuje provádění OB1 v bodě přerušení. Pokud je volán OB s vyšší prioritou než ten, který je právě prováděn, dojde k přerušení prováděného bloku hned po dokončení aktuálního kroku (Networku). Operační systém uloží celý zásobník registru pro přerušovaný blok. Informace registru jsou obnoveny v tom okamžiku, kdy operační systém obnoví provádění přerušovaného bloku. Program, který se má souvisle provádět, je uložen v organizačním bloku OB1. Po tom, co je program zcela proveden v OB1, nový cyklus začne aktualizací tabulky vstupů a výstupů a provedením prvního kroku (Networku) v OB1. Čas snímacího cyklu a čas odezvy systému je výsledkem těchto operací.

Funkce (FC), nám slouží k zápisu programu. Jednotlivé Funkční bloky se potom dle potřeby spouští v Organizačních blocích. Taky zde máme možnosti volby jazyku, ve kterém budeme chtít programovat tj. LAD, STL a FBD. Pro mě je nejsnáze pochopitelný FBD (jazyk funkčních schémat), ale ve firmě se prakticky nepoužívá, jeden z hlavních důvodů je ten, že v něm nelze naprogramovat všechny funkcionality jakou umožňuje STL (jazyk mnemokódů). Další možnosti je pomocí LAD (jazyk kontaktních schémat). Funkce otevřená v příslušném zobrazení se nám vždy při novém otevření ukáže v námi navoleném zobrazení, lze sice mezi jazyky přepínat, je ale jisté že pokud programujeme v STL, nikdy nedosáhnete 100% kompatibility.

Hlavní program budeme psát v organizačním bloku OB1, pro menší projekty to nevádí, ale kdybychom psali rozsáhlejší kód, bylo by značně neefektivní jej psát do organizačního bloku, už jen z důvodů nepřehlednosti celé aplikace. Proto bychom si vytvořili sadu funkcí (FC) a ty bychom z organizačního bloku volali.

Na následujícím obrázku uvádím pro příklad část kódu





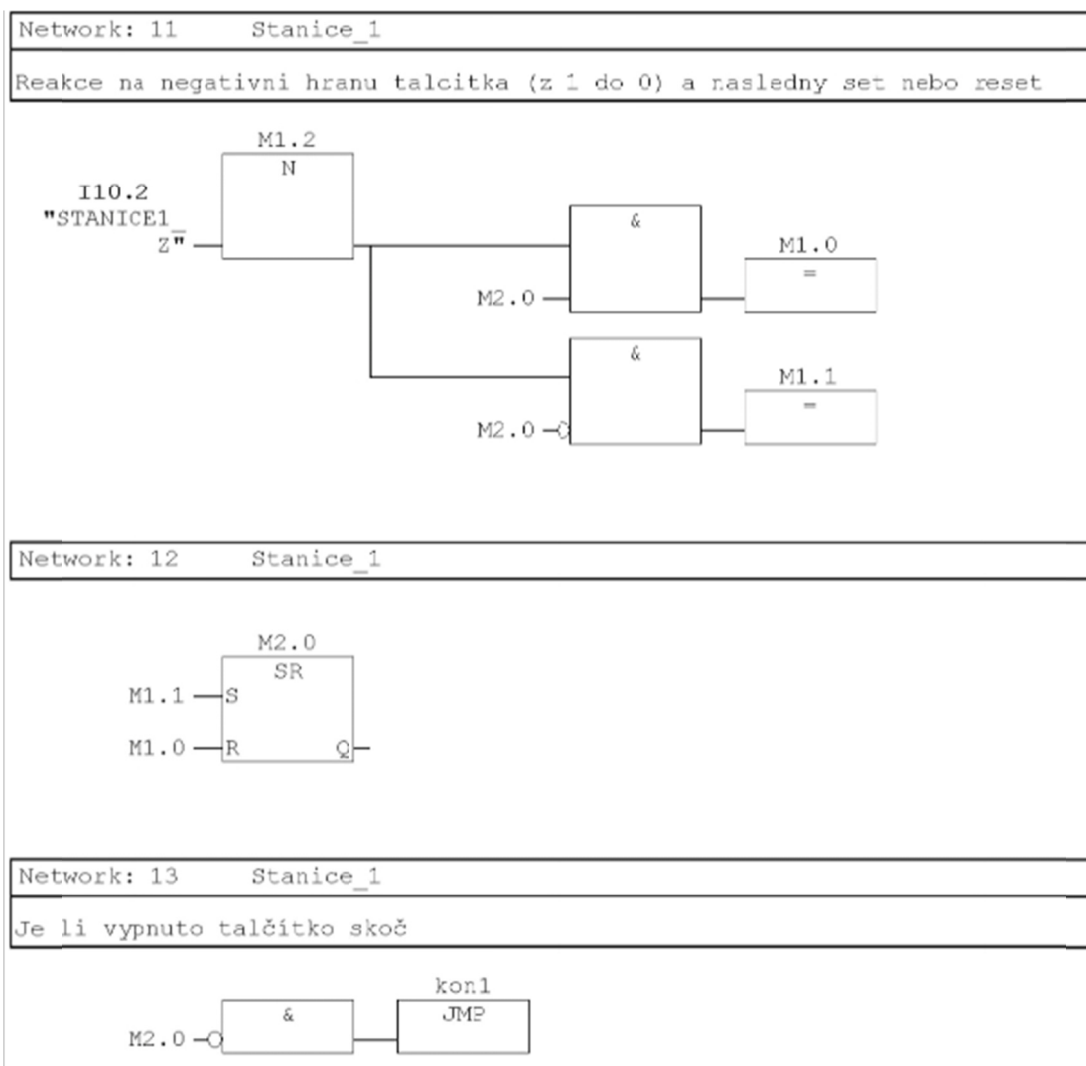
Ukázka STL kódu (pokud je sepnut přepínač, rozsvít kontrolky)

Využíváme zde logické součty, logické součiny a jejich případné negace. Psaní kódu je docela jednoduché, je to taky tím, že celá aplikace není nijak složitá. Každé pracoviště obsahuje přepínač, testovací tlačítko a dvě řady kontrolky, jednu bílou a druhou červenou. Po přepnutí spínače do nějaké z poloh, se rozsvítí daná kontrolka na všech pracovištích. Testovací tlačítko zde slouží pro zkoušku funkčnosti všech kontrolky, kvůli možnému velkému proudovému zatížení napájecího zdroje, kontrolky blikají průběžně. Nejjednodušší varianta jak dosáhnout blikání je využít nějakého systémového časovače spolu s logickým součinem testovacího tlačítka.

### Demonstrativní aplikace

Pro obhajobu bakalářské práce jsem si dovolil, spolu s mým vedoucím ve firmě, připravit demonstrativní aplikaci. Tato aplikace obsahuje centrálu a dvě decentrály (každá ze stanic taky modul digitálního výstupu, modul digitálního vstupu a napájecí modul), hardwarová konfigurace je obdobná jako u aplikace předešlé, jen jsem si pozměnil názvy stanovišť. Dále jsem si přepsal tabulku symbolů (symboliku) a provedl jiné řešení testovacího tlačítka. Každé stanoviště se skládá

z 6 kontrolky (3oranžové a 3 červené), Třípolohového přepínač a tlačítko s negativní logikou (tj. v klidovém stavu je na obou vstupech log. 1). Testovací tlačítko je řešeno tak, že stisknutím tlačítka zapnete testování a opakovaným stiskem testování vypnete (v řešení předešlém tlačítko musíte držet). Další změnou je že jsem kód nepsal v STL, ale pro názornost v FBD. Tento druh kódu pak lze převést do všech tří forem (LAD, STL a FBD). Další odlišností je, že pro každou stanici je vytvořena funkce (FC), která je potom volána z organizačního bloku OB1. Na následujícím obrázku je ukázka pro řešení tlačítka.



Ukázka FBD kódu (řešení tlačítka)

## **4. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané studentem v průběhu odborné praxe**

V rámci mé praxe jsem se určitě mnohému naučil. Získal jsem si znalosti o principech a technologiích využívaných při programování a údržbě PLC automatů. Především to byla velká zkušenost. Získal jsem představu, jak chodí vývoj takových aplikací v praxi.

Před samotným řešením úkolu jsem si musel zjistit co je to vlastně PLC automat a jak pracuje. Seznámil jsem se s automaty SIEMENS SIMATIC S7-300 a profesionálním vývojovým prostředím SIMATIC STEP 7, vytvořil jsem si pár zkušebních aplikací, abych si osvojil techniku programování. Nemalou zkušenost mi daly ukázky již aplikací vytvořených, taky seznámení s firmou a ukázka všech provozů mně velice obohatila.

Při řešení úkolu jsem se také naučil dívat se na ekonomickou a finanční stránku věci. Při vytváření demonstrativní aplikace, jsem si mohl vyzkoušet i svou manuální zručnost, totiž né všechny vzniklé problémy se dají řešit od počítače.

## 5. Závěr

V období praxe jsem se naučil mnoho nového a získal cenné zkušenosti, které mohu uplatnit při hledání budoucího zaměstnání. Dosud jsem neměl příležitost takto podrobně se seznámit s provozem a způsoby automatizace výroby v průmyslovém podniku. Měl jsem možnost zúčastnit se vývoje reálné aplikace od samotného počátku, kdy se tvořila vlastní koncepce, až po realizaci na provozu.

Podařilo se modernizovat mezioperační signalizaci, původně řešenou reléovou logikou, prostředky průmyslové automatizace. Důležité je, že ať výsledná aplikace vypadá jakkoliv jednoduše, pracovníci provozu si bez ní nedovedou představit každodenní chod válcovny kol. Mým cílem nebylo vytvořit nějakou rozsáhlou aplikaci, ostatně to ani nelze s ohledem na velkou zodpovědnost. Stroje a denní výroba firmy stojí nemalé částky a není zde možnost ani čas si cokoliv předem vyzkoušet či ladit. Chybu totiž většinou poznáte až za běhu aplikace. Mým cílem bylo seznámit se s průmyslovými automaty a jejich využitím, osvojit si základy jejich programování. Měl jsem možnost pracovat s dokumentací, která je nedílnou součástí každé aplikace. [8] 95% veškeré produkce firmy je vyváženo z ČR, firma má roční obrat kolem 6 miliard korun. To vše uvádím z důvodů, že projekt, na kterém jsem pracoval, není bezvýsledný, ale jeho další využití je široké. Například ke sběru informací o poruchovosti stanovišť, firma s takovým obratem bude mít možnost získat data, která můžou pomoci optimalizovat náklady. Navíc další rozšíření aplikace je také velmi jednoduché. Jak jsem již zmiňoval, jednotlivé centrály/decentrály komunikují přes Ethernet, to znamená, že stačí připojit UTP kabel a na něj jakoukoliv kompatibilní periferii. Je to také velice efektivní z finančního hlediska - UTP kabel je, v porovnání s jinými možnostmi komunikace, cenově velmi výhodný a podniková síť je na vysoké úrovni. Cena řídicího systému, použitého v aplikaci, vyšla na 3689,68 EUR, což je v přepočtu dle aktuálního kurzu necelých 90 tisíc korun.

Celkově hodnotím praxi velmi kladně. Podařilo se mi vyřešit všechny problémy, které mně v průběhu potkaly. Velmi oceňuji přístup zaměstnanců, kteří mi byli nápomocní, vždy když jsem potřeboval. Projekt, na kterém jsem pracoval, byl zrealizován a je plně funkční.



## 6. Reference

- [1] Programovatelný logický automat. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 28.4.2010, last modified on 20.4.2011 [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovatelný\\_logický\\_automat](http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovatelný_logický_automat)>.
- [2] [Http://www1.siemens.cz](http://www1.siemens.cz) [online]. 22.07.2005 [cit. 2011-05-02].  
Průmyslové automatizační systémy SIMATIC. Dostupné z WWW:  
<[http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/prumyslove\\_automatizacni\\_systemy\\_simatic/simatic\\_plc/simatic\\_s7\\_300/\\_prospekty/overview\\_simatic\\_s7\\_300\\_2005\\_cz.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/prumyslove_automatizacni_systemy_simatic/simatic_plc/simatic_s7_300/_prospekty/overview_simatic_s7_300_2005_cz.pdf)>.
- [3] [Http://www1.siemens.cz](http://www1.siemens.cz) [online]. 21.12.2010 [cit. 2011-05-02].  
Průmyslové automatizační systémy SIMATIC. Dostupné z WWW:  
<[http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/prumyslove\\_automatizacni\\_systemy\\_simatic/\\_prospekty/flyer\\_et200s\\_2010\\_cz.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/prumyslove_automatizacni_systemy_simatic/_prospekty/flyer_et200s_2010_cz.pdf)>.
- [4] [Http://www1.siemens.cz](http://www1.siemens.cz) [online]. 21.12.2010 [cit. 2011-05-02].  
Průmyslové automatizační systémy SIMATIC. Dostupné z WWW:  
<[http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/prumyslove\\_automatizacni\\_systemy\\_simatic/\\_prospekty/flyer\\_profinet-cpu\\_2010\\_cz.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/prumyslove_automatizacni_systemy_simatic/_prospekty/flyer_profinet-cpu_2010_cz.pdf)>.
- [5] KLOUČEK, František. *Řešení automatizačních úloh pomocí PLC SIMATIC*. Střední průmyslová škola, Trutnov, Školní 101 : Střední průmyslová škola, Trutnov, 2010. 75 s.
- [6] [Http://www1.siemens.cz](http://www1.siemens.cz) [online]. 22.07.2005 [cit. 2011-05-02].  
STEP 7 Professional. Dostupné z WWW:  
<<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=bfadced791&ctxp=home>>.
- [7] [Http://www.bonatrans.cz](http://www.bonatrans.cz) [online]. 22.07.2005 [cit. 2011-05-02].  
Ke sažení. Dostupné z WWW:  
<<http://www.bonatrans.cz/cz/docman/prospekty/bonatrans-cesky/download.html>>
- [8] [Http://www.bonatrans.cz](http://www.bonatrans.cz) [online]. 22.07.2005 [cit. 2011-05-02].  
O společnosti. Dostupné z WWW:  
<<http://www.bonatrans.cz/cz/profil-spolecnosti.html>>

## **7. Přílohy**

1. Výpis programu projektu
2. Výpis programu demonstrativní aplikace
  - 2.1. Výpis programu demonstrativní aplikace FDB
  - 2.2. Výpis programu demonstrativní aplikace STL
  - 2.3. Výpis programu demonstrativní aplikace LAD
3. Fotky starého a nového řešení na provozu